

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(11) DE 38 29 390 A1

(21) Akt.zeichen: P 38 29 390.0
(22) Anmeldetag: 30. 8. 88
(43) Offenlegungstag: 1. 3. 90

(51) Int. Cl. 5:

G 01 P 3/00

G 01 B 7/30
// G 01 P 3/42

DE 38 29 390 A1

(71) Anmelder:

Mannesmann Rexroth GmbH, 8770 Lohr, DE

(74) Vertreter:

Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann,
H., Dipl.-Ing.; Grams, K., Dipl.-Ing.; Struif, B.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Winter, K., Dipl.-Ing.; Roth,
R., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

(72) Erfinder:

Rüb, Winfried, Dipl.-Ing., 8771 Neustadt, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE	34 01 858 C1
DE	35 23 250 A1
DE	35 00 450 A1
DE	34 13 105 A1
DE	32 20 896 A1
DE	32 15 212 A1
GB	20 62 875 A

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Einrichtung zur Drehzahlmessung

Beschrieben wird ein Verfahren und eine Einrichtung zum Messen der Drehzahl eines Meßkörpers, bei dessen Drehung sich periodisch der Abstand zu einem Sensor ändert, der ein vom Abstand abhängiges Abstandssignal abgibt, das in einer Wandlerschaltung in ein frequenzabhängiges Signal umgesetzt wird. Zur Bestimmung der Drehzahl im unteren Drehzahlbereich wird der sich stetig verändernde Abstand zwischen dem Sensor und einer Fläche oder Teilfläche des Meßkörpers herangezogen. Auf diese Weise wird eine Messung von Drehzahlen in einem weiten Bereich bis herab zu Drehzahlen nahe 0 ermöglicht.

DE 38 29 390 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2.

Drehzahlmebeinrichtungen dieser Art werden in großem Umfang in Fahrzeugen eingesetzt, und zwar zum Messen der Drehzahl einer Verteilerwelle, einer Kurbelwelle, einer Getriebekingangswelle, einer Getriebeausgangswelle oder einer Radachsenwelle. In einer derartigen Drehzahlmebeinrichtung wird beispielsweise mittels des als Zahnrad ausgebildeten Meßkörpers in dem Sensor periodisch ein Abstandssignal erzeugt, dessen Frequenz zu der Drehzahl des Meßkörpers proportional ist und das in der Wandlerschaltung zu einem frequenzabhängigen Drehzahlsignal umgesetzt wird. Bei dieser bekannten Drehzahlmebeinrichtung ist jedoch das Messen von sehr niedrigen Drehzahlen äußerst schwierig, da die dabei auftretenden niedrigen Frequenzen nicht schnell und genau gemessen werden können. Wollte man diesen Mangel dadurch beheben, daß man die Zähnezahl des Meßkörpers erhöht, so würde zwangsläufig bei gleichbleibender Größe des Sensors der Meßkörper vergrößert werden müssen und außerdem bei hohen Drehzahlen sehr schnell die obere Frequenz der Wandlerschaltung erreicht werden.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2 derart auszustalten, daß eine Messung von Drehzahlen in einem weiten Bereich bis herab zu Drehzahlen nahe "0" ermöglicht ist.

Die Aufgabe wird erfundungsgemäß auf die in dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 bzw. 2 aufgeführte Weise gelöst.

Somit wird erfundungsgemäß im niedrigen Drehzahlbereich die Drehzahl aus dem sich stetig ändernden Abstand zwischen dem Sensor und dem Meßkörper erfaßt.

In der Einrichtung wird der Meßkörper derart gestaltet, daß sich der Abstand zu dem (ortsfesten) Sensor stetig z.B. sinusförmig oder sägezahnförmig ändert, was eine entsprechende Änderung des von dem Sensor abgegebenen Abstandssignals ergibt. Dieses Abstandssignal wird einer Differenzierschaltung zugeführt, in der das zeitliche Differential, nämlich die Steilheit der Flanken des Abstandssignals erfaßt wird und ein Differentialsignal erzeugt wird, das einer bestimmten Steilheit des Abstandssignals entspricht. Da die Flankensteilheit des Abstandssignals aber nur bis zu einer bestimmten oberen Grenzfrequenz die Drehzahl des Meßkörpers wieder spiegelt, wird in einer Ausgabeschaltung das Differentialsignal nur unterhalb der Grenzfrequenz anstelle des frequenzabhängigen Signals aus der Wandlerschaltung als Drehzahlsignal abgegeben. Alternativ wird von der Ausgabeschaltung als Drehzahlsignal das Differentialsignal dann abgegeben, wenn dieses unter einem vorbestimmten, der oberen Grenzfrequenz entsprechenden Pegel liegt. Auf diese Weise wird der Meßbereich der Drehzahlmebeinrichtung nach unten bis nahe "0" erweitert, ohne daß die Obergrenze des Meßbereichs herabgesetzt wird.

Die erfundungsgemäß Drehzahlmebeinrichtung kann somit vorteilhaft in Getriebesteuersystemen, Anfahrschlupf-Steuersystemen oder Antiblockiersteuersystemen (ABS-Systemen) eingesetzt werden, deren Funktionsbereich dadurch praktisch bis zum Stillstand des betreffenden Fahrzeugs erweitert wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfundungsgemäß Einrichtung sind in den Unteransprüchen auf-

geführt. Beispielsweise wird erfundungsgemäß die Ausgabeschaltung aus einem Frequenz- oder Pegeldetektor mit Schwellenwertcharakteristik und einem durch den Detektor gesteuerten Umschalter gebildet, der je nach der gerade erfaßten Drehzahl zwischen den Ausgangssignalen der Differenzierschaltung und der Wandlerschaltung umschaltet. Zweckdienlich erhält der Detektor eine Hysteresearakteristik hinsichtlich der Höhe der Frequenz bzw. des Pegels. Dadurch wird ein unnötig häufiges Umschalten des Drehzahlsignals in dem Grenzbereich zwischen der Differentialmessung und der Frequenzmessung vermieden. Das Ausgangssignal des Detektors kann auch dazu herangezogen werden, die Wandlerschaltung ein- oder auszuschalten.

Die Umsetzung des Abstandssignals aus dem Sensor in das Differentialsignal und das frequenzabhängige Signal kann sowohl auf digitale Weise als auch auf analoge Weise vorgenommen werden. Es ist ferner zweckdienlich, zwischen der erfundungsgemäß Drehzahlmebeinrichtung und einer nachgeschalteten Auswertungseinrichtung oder Regeleinrichtung eine Glättungsschaltung vorzusehen, durch die eine bei dem Umschalten eventuell auftretende Stufe zwischen dem Differentialsignal und dem frequenzabhängigen Signal "verschlichen" wird.

Als Sensoren können alle Meßgeber Anwendung finden, die ein vom Abstand zum Meßkörper abhängiges Abstandssignal liefern. Für den Einsatz in Fahrzeugen sind insbesondere induktive Meßgeber wegen ihres robusten Aufbaus und ihrer geringen Störanfälligkeit vorzuziehen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in Blockdarstellung die Drehzahlmebeinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 zeigt in Blockdarstellung die Drehzahlmebeinrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Fig. 3 zeigt Beispiele für die Gestaltung von Meßköpfen und bei deren Umlauf entstehende periodische Abstandsänderungen.

Fig. 4 zeigt weitere Beispiele für die Gestaltung von Meßköpfen.

Fig. 5 zeigt ein Beispiel für einen Meßkörper und bei dessen Umlauf entstehende Abstandsänderungen.

Fig. 6 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Differenzierens in diskreten Zeitintervallen.

Die Fig. 1 zeigt schematisch die Drehzahlmebeinrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Mit dieser Einrichtung wird die Drehzahl eines umlaufenden Meßkörpers 1 gemessen, der die Form eines symmetrischen Quadrats hat. In einem bestimmten Abstand zur Achse des Meßkörpers 1 ist ortsfest ein Sensor 2 angebracht. Der Sensor 2 kann ein induktiver, kapazitiver oder auch Ultraschallsensor sein, der derart ausgebildet ist, daß er ein zu einem Abstand x vom Umfang des Meßkörpers 1 proportionales Signal erzeugt. In Folge der Umfangsform des Meßkörpers 1 ändert sich der Abstand x zu dem Sensor 2 periodisch derart, daß ein Abstandssignal U_s aus dem Sensor 2 mit einer zur Drehzahl des Meßkörpers 1 proportionalen Frequenz im wesentlichen sinusförmig oder sägezahnförmig verläuft.

Das Abstandssignal U_s liegt an einer Differenzierschaltung 3 an, die das Signal nach der Zeit differenziert und ein Differentialsignal U_d abgibt, das dem maximalen Gradienten bzw. der maximalen Steilheit des Abstandssignals U_s entspricht. Im Bereich niedriger Drehzahlen stellt die maximale Steilheit des Abstandssignals U_s ein

Maß für die Drehzahl des Meßkörpers 1 dar. Das Differenzieren kann auf analoge Weise z.B. mittels eines Rechenverstärkers und daran angeschlossener RC-Glieder oder auf digitale Weise in v rbestimmten diskreten Zeitintervallen vorgenommen werden, was nachfolgend näher erläutert wird.

Das Abstandssignal U_s liegt ferner an einem Frequenz/Spannungs- bzw. f/V-Wandler 4 an, der ein von der Frequenz des Abstandssignals abhängiges, vorzugsweise zu dieser proportionales Signal U_f erzeugt. Der f/V-Wandler 4 kann ein digitaler Wandler sein, in welchem die periodischen Schwankungen des Abstandssignals U_s in Impulse umgeformt und über eine vorbestimmte Zeit gezählt werden, wonach der Zählstand in eine Spannung umgesetzt wird, die das frequenzabhängige Signal U_f darstellt. Der Wandler 4 kann auch ein analoger Wandler sein, in welchem die Frequenzabhängigkeit von Blindwiderständen genutzt wird. In einem jeden Fall ist mit einem derartigen Wandler eine niedrige Frequenz des Abstandssignals U_s nur sehr schlecht, d.h. mit nur geringer Genauigkeit und Auflösung erfassbar, so daß bei niedrigen Frequenzen und damit niedrigen Drehzahlen das frequenzabhängige Signal U_f aus dem Wandler 4 für eine weitere Auswertung ungeeignet ist.

Da somit das Differentialsignal U_d nur im Bereich niedriger Drehzahl und das frequenzabhängige Signal U_f nur im Bereich höherer Drehzahl brauchbar ist, enthält die Drehzahlmeßeinrichtung gemäß Fig. 1 eine Ausgabeschaltung, die einen Frequenz- bzw. f-Detektor 5 und einen Umschalter 6 oder gemäß der Darstellung durch die strichpunktuierten Linien einen Pegeldetektor 7 und den Umschalter 6 enthält. Der f-Detektor nimmt das Abstandssignal U_s auf und erzeugt bei einer vorbestimmten Frequenz ein Schaltsignal für den Umschalter 6, der schematisch als mechanischer Schalter dargestellt ist, jedoch vorzugsweise ein Analogschalter ist. Der Pegeldetektor 7 erfäßt den Pegel des Differentialsignals U_d und gibt bei einem vorbestimmten Pegel ein Schaltsignal für den Umschalter 6 ab. Von dem Detektor 5 oder 7 wird das Schaltsignal vorzugsweise mit einer bestimmten Hysterese hinsichtlich des Frequenz- oder Pegelwerts erzeugt. D.h. der betreffende Detektor gibt das Schaltsignal ab, wenn von niedrigen Werten her ein vorbestimmter höherer Schwellenwert erreicht wird, und unterbricht das Schaltsignal, wenn von höheren Werten her ein vorbestimmter niedrigerer Schwellenwert erreicht wird. Dadurch wird ein unnötig häufiges Umschalten im Übergangsbereich verhindert. Von dem Umschalter 6 wird normalerweise als Ausgangs- bzw. Drehzahlssignal U_a das Differentialsignal U_d aus der Differenzierschaltung 3 weitergegeben. Sobald der Umschalter 6 durch das Schaltsignal umgeschaltet ist, wird als Ausgangs- bzw. Drehzahlssignal U_a das frequenzabhängige Signal U_f aus dem f/V-Wandler 4 ausgegeben. Dadurch wird erreicht, daß das Drehzahlssignal U_a ohne wesentliche Verzögerung die Drehzahl in einem weiten Bereich von nahezu "0" an wiederspiegelt. Das Drehzahlssignal U_a wird dann in einer nicht dargestellten Schaltung, z.B. eines Getriebesteuersystems, eines Zünd- oder Einspritzsteuersystems oder eines ABS-Systems ausgewertet.

Die Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Drehzahlmeßeinrichtung, das sich von dem ersten Ausführungsbeispiel darin unterscheidet, daß das frequenzabhängige Signal U_f mittels eines Transformators 10 gebildet wird. Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel wird im Bereich niedriger Drehzahlen das Abstandssi-

gnal an einem Widerstand 8 abgenommen und der Differenzierschaltung 3 sowie dem f-Detektor 5 zugeleitet. Sobald der f-Detektor 5 das Erreichen einer vorbestimmten Frequenz des Abstandssignals U_s erfäßt, erzeugt er das Schaltsignal für den Umschalter 6, der zugleich auch einen weiteren Umschalter 9 steuert. Der Umschalter 9, der normalerweise einen Anschluß des Widerstands 8 auf Masse legt, verbindet auf das Schaltignal hin diesen Anschluß mit der gegen Masse geschalteten Primärwicklung des Transformators 10. Damit wird das Abstandssignal U_s an die Reihenschaltung aus dem Widerstand 8 und der Primärwicklung des Transformators 10 angelegt, so daß an dem Transformator 10 eine mit steigender Frequenz ansteigende Spannung anliegt, die in der Sekundärwicklung des Transformators die frequenzabhängige Spannung U_f hervorruft. In der Darstellung sind nachgeschaltete Gleichrichter- und Glättungselemente weggelassen, so daß lediglich die Funktion des Transformators 10 schematisch dargestellt ist.

Die Fig. 3 zeigt zwei Beispiele für den Meßkörper 1 sowie jeweils den Verlauf der Änderung des Abstands x des Meßkörperumfangs zu dem ortsfesten Sensor 2. Der Meßkörper 1 ist jeweils als achssymmetrisches regelmäßiges Sechseck bzw. Quadrat mit scharfen Kanten dargestellt.

Die Fig. 4 zeigt weitere Beispiele für die Gestaltung des Meßkörpers 1, und zwar in Form eines achssymmetrischen Dreiecks mit völlig abgerundeten Ecken, eines exzentrischen Kreises bzw. eines normalen Zahnrads.

Die Fig. 5 zeigt ein weiteres Beispiel für die Gestaltung des Meßkörpers 1 und die bei dessen Drehung hervorgerufene Änderung des Abstands x . Bei dem Beispiel nach Fig. 5 ist der Meßkörper 1 als Taumelscheibe ausgebildet, der axial in einem bestimmten radialen Abstand der Sensor 2 gegenübergesetzt ist. Bei dem Umlauf des Meßkörpers 1 ändert je nach der Drehstellung die axiale Stirnfläche des Meßkörpers 1 auf dem Kreis mit dem radialen Abstand des Sensors 2 der Abstand x zum Sensor.

In einem jeden Fall ist der Meßkörper 1 derart auszulegen, daß sich bei dessen Drehung der Abstand x zu dem Sensor 2 im wesentlichen sinusförmig oder sägezahnförmig ändert, damit die Flankensteilheit des sich dadurch ergebenden Abstandssignals U_s als Maß für die Drehgeschwindigkeit und damit die Drehzahl herangezogen werden kann. Ein Beispiel für die Erfassung der Flankensteilheit des Abstandssignals U_s ist in der Fig. 6 dargestellt. Bei diesem Beispiel wird davon ausgegangen, daß das Abstandssignal U_s dadurch nach der Zeit differenziert wird, daß die Amplitudendifferenz in jeweils diskreten Zeitabständen Δt erfäßt wird. Eine derartige zeitliche Ableitung des periodisch geänderten Abstands x zwischen dem Meßkörper 1 und dem Sensor 2 ergibt aber nur dann eine fehlerfreie Berechnung der Geschwindigkeit und damit der Drehzahl, wenn der Zeitabstand Δt für die Differenzenbildung wesentlich kürzer als eine momentane Periodendauer T des Abstandssignals U_s ist. D.h., der Zeitabstand Δt muß beispielsweise ein Hundertstel bis ein Zwanzigstel der Periodendauer T betragen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Anstiegsgeschwindigkeit (und Abfallgeschwindigkeit) des Signals aus dem Sensor 2 je nach dessen Ausführungsform auf einen bestimmten Wert begrenzt ist. Über einer Drehzahl, die diesem Grenzwert der Signalanstiegsgeschwindigkeit des Sensors entspricht, wird nur die dieser Anstiegsgeschwindigkeit entsprechende Amplitudendifferenz, also nur ein konstanter

Wert gemessen, der nicht der tatsächlichen Drehzahl entspricht. In der Drehzahlmebeinrichtung gemäß den Ausführungsbeispielen wird daher mit einem bestimmten Sicherheitsabstand von der Ermittlung der Drehzahl aus der Flankensteilheit auf die Ermittlung der Drehzahl aus der Frequenz umgeschaltet.

Die Differenzierschaltung 3, der f/V-Wandler 4 und der f-Detektor 5 oder der Pegeldetektor 7 können zusammen mit dem Umschalter 6 als Mikrocomputer mit entsprechenden Zusatzeinheiten wie einem Analog/Digital-Wandler, einem Impulsformer, einem Digital/Analog-Wandler oder dergleichen aufgebaut werden. Zur Differenzierung werden die Amplitudewerte des Abstandssignals U_s in vorbestimmten Zeitabständen abgefragt, die Differenzen der Amplitudewerte gebildet und die maximalen Differenzen herausgegriffen. Zur Frequenz/Spannung-Umsetzung werden aus dem Abstandssignal U_s Impulse geformt, die Impulse gezählt und der Zählstand in die frequenzabhängige Spannung U_f umgesetzt. Der Impulszählstand kann auch zur Erzeugung des Schaltsignals für den Umschalter 6 herangezogen werden, wobei durch das Schaltsignal auch zwischen einem höheren und einem niedrigeren Impulszählstand umgeschaltet werden kann, um die erwünschte Hysteres hinsichtlich des Frequenzwerts zu erhalten.

Gemäß der Beschreibung kann somit die Drehzahl des Meßkörpers in einem weiten Bereich bis nahezu "0" genau und ohne wesentliche Verzögerung erfaßt werden, so daß das erhaltene Drehzahlssignal sehr vorteilhaft in Regel- und Steuersystemen für Fahrzeuge herangezogen werden kann.

Abstandssignals (U_s) entsprechendes Signal abgibt.

4. Einrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgabeschaltung einen Detektor (5; 7) zum Erfassen der Frequenz bzw. des Pegels und eine durch das Ausgangssignal des Detektors gesteuerte Umschalteinrichtung (6) zum Wechseln zwischen dem frequenzabhängigen Signal (U_f) und dem Differentialsignal (U_d) aufweist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (5; 7) für die Frequenz bzw. den Pegel mit Hysterese hinsichtlich der das Wechseln herbeiführenden Höhe der Frequenz bzw. des Pegels ausgebildet ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Detektors (5; 7) über eine Schalteinrichtung (9) die Wandlerschaltung (10) ein- oder ausschaltet.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenzierschaltung (3) ein Differenzierglied mit einer nachgeschalteten Spitzenwerthalteschaltung aufweist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenzierschaltung (3) einen in vorbestimmten Zeitabständen über eine vorbestimmte Zeitspanne wirkenden Analog/Digitalwandler und einen den Spitzenwert aus dem Wandler vorübergehend haltenden Speicher aufweist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Drehzahl eines Meßkörpers, bei dessen Drehung sich periodisch der Abstand zu einem Sensor ändert, der ein vom Abstand abhängiges Abstandssignal abgibt, das in einer Wandlerschaltung in ein frequenzabhängiges Signal umgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der Drehzahl im unteren Drehzahlbereich der sich stetig verändernde Abstand zwischen dem Sensor und einer Fläche oder Teilfläche des Meßkörpers herangezogen wird.

2. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bei der der Sensor das vom Abstand zum Meßkörper abhängige Abstandssignal abgibt, das in der Wandlerschaltung in das frequenzabhängige Signal umgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet,

daß der Sensor (2) derart angeordnet ist, daß sich bei der Drehung des Meßkörpers der Abstand (x) zu einer Meßkörper-Teilfläche stetig ändert, daß eine Differenzierschaltung (3) das sich stetig ändernde Abstandssignal (U_s) des Sensors nach der Zeit zu einem Differentialsignal (U_d) differenziert und

daß eine Ausgabeschaltung (5, 6; 6, 7) vorgesehen ist, die die Frequenz des Abstandssignals und/oder den Pegel des Differentialsignals erfaßt und unterhalb einer vorbestimmten Frequenz bzw. eines vorbestimmten Pegels als Drehzahlssignal (U_a) statt des frequenzabhängigen Signals (U_f) aus der Wandlerschaltung (4; 10) das Differentialsignal ausgibt.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenzierschaltung (3) als Differentialsignal (U_d) in der maximalen Steilheit des

— Leerseite —

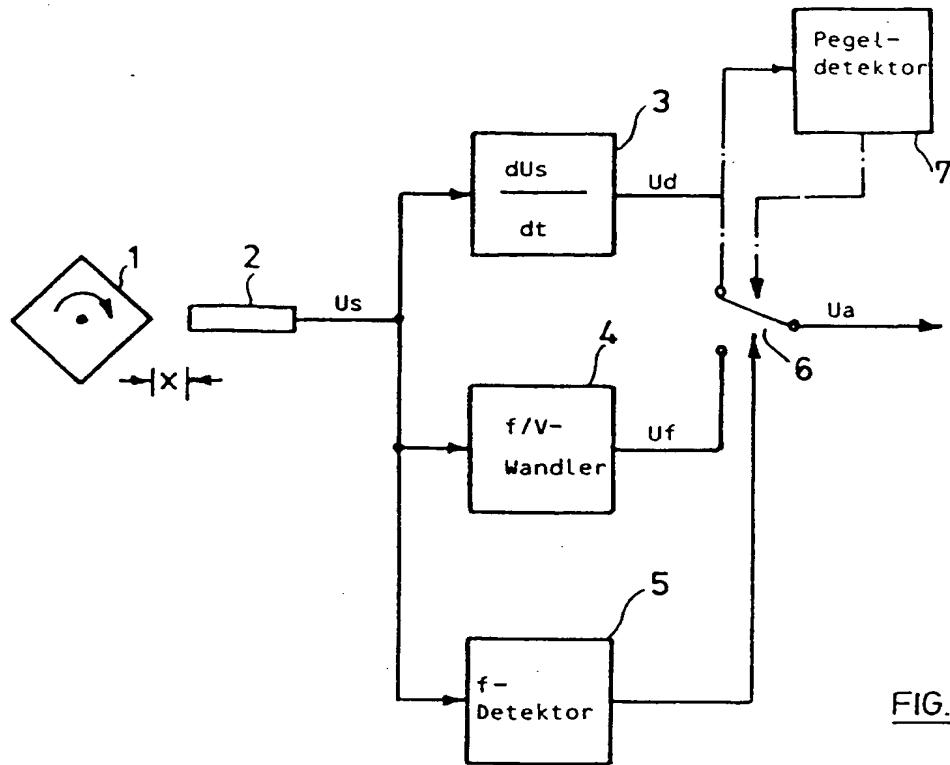


FIG. 1

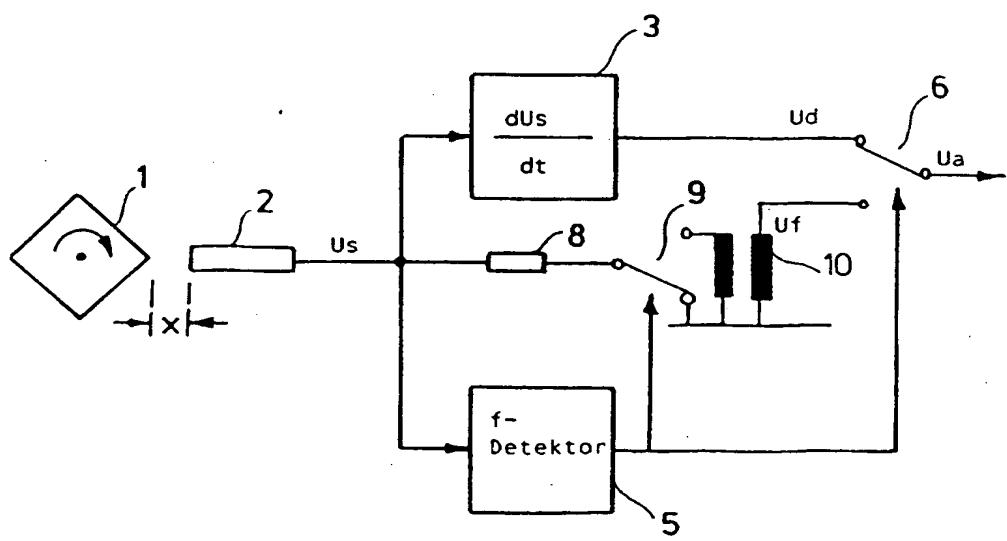


FIG. 2

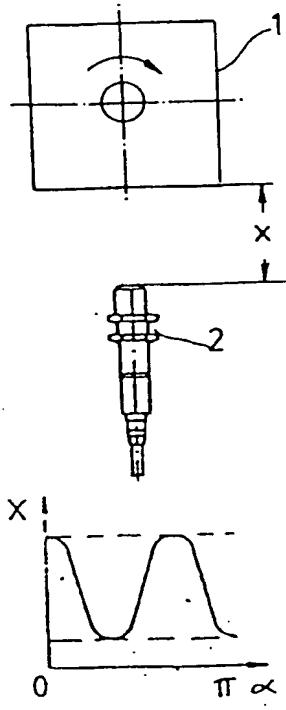
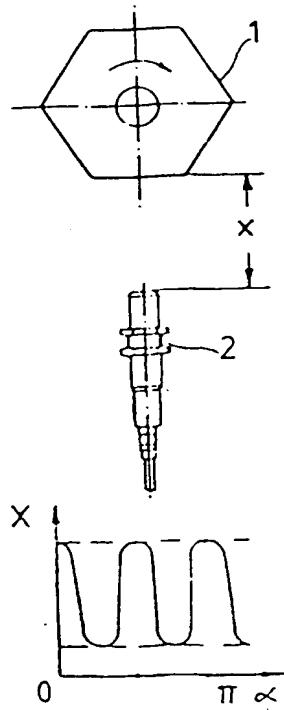


FIG. 3

FIG. 4

